

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМЕННОЙ КОНВЕРСИИ
ОТВАЛЬНОГО ГЕКСАФТОРИДА УРАНА**Н.В. Тундешев^{1,2}, Р.У. Кулиев², В.В. Зубов¹

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н. А.Г. Каренгин

¹НИ «Томский политехнический университет», Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050²АО«ПО«Электрохимический завод», Россия, г. Зеленогорск, ул. Промышленная, 1, 663690E-mail: kaberne1812@yandex.ru**MODELING AND RESEARCH OF PROCESS OF DUMP URANIUM HEXAFLUORIDE PLASMA
CONVERSION**N.V. Tundeshev^{1,2}, R.U. Kuliev², V.V. Zubov¹

Scientific Supervisor: lecturer, Phd. A.G. Karengin; head of the department "TPh", Ph.D. I.V. Shamanin

¹Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, 30, Lenin str., 634050²Electrochemical plant, Russia, Zelenogorsk, 1, Industrial str., 663690E-mail: kaberne1812@yandex.ru

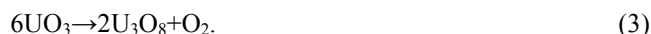
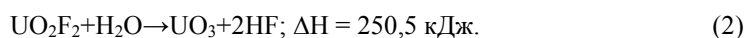
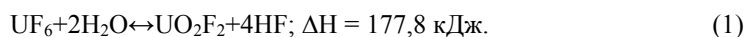
Abstract. This article shows results of thermodynamic modeling of treatment on uranium compositions in water-steam plasma for uranium nitrous-oxide production. Compositions are based on uranium hexafluoride, water vapor. Process was carried out for widely temperature and mass fraction ranges of water-steam plasma coolant at some $UF_6:H_2O$ molar ratios. Optimal consists of uranium compositions and modes for practical application were determined.

Введение. На сегодняшний день единственной технологией конверсии обедненного по изотопу уран-235 (отвального) гексафторида урана (ОГФУ) является технология его последовательного гидролиза до уранилфторида и пирогидролиза уранилфторида до закиси-окиси урана (ЗОУ) в различном аппаратурном исполнении [1,2]. Значительными недостатками данной технологии являются:

- многостадийность;
- высокие энерго- и трудозатраты;
- значительная потребность в химических реагентах (перегретый водяной пар, азот, водород);
- относительно низкая концентрация производимого фтористого водорода до ~ 80%;
- высокая стоимость процесса конверсии.

Альтернативным методом может являться технология конверсии ОГФУ в воздушной плазме.

Материалы и методы исследования. Рассмотрим последовательности химических превращений, реализуемых в технологии гидролиз ОГФУ – пирогидролиз уранилфторида (реакции 1–3) и в перспективной плазмохимической технологии.



Из анализа представленных реакций видно, что процесс пирогидролиза уранилфторида до ЗОУ протекает за счет реакций (2) и (3). Данный факт отмечается авторами работ [1, 2].

Для прямой плазменной конверсии ОГФУ предлагается использование воздушно-плазменного потока, генерируемого высокочастотным плазмотроном.

Одним из основных параметров горения газозвушных смесей является температура горения, которая определяется по формуле [3]:

$$T_{\text{см}} = \frac{Q_{\text{н}}^{\text{см}} + \alpha \cdot m_{\text{ок}} \cdot c_{\text{ок}} \cdot t_{\text{ок}}}{V_{\text{пр}} \cdot c_{\text{пр}}}, \text{ K} \quad (1)$$

где:

$Q_{\text{н}}^{\text{см}}$ - низшая теплота сгорания газозвушной смеси (кДж/кг), α - коэффициент избытка окислителя (воздух), $m_{\text{ок}}$ - масса теоретически необходимого окислителя (кг), $c_{\text{ок}}$ - удельная теплоемкость окислителя (кДж/кг·град), $t_{\text{ок}}$ - исходная температура окислителя (К), $V_{\text{пр}}$ - объем продуктов горения (м³), $c_{\text{пр}}$ - удельная теплоемкость продуктов горения (кДж/м³·град).

Для определения оптимальных режимов процесса плазмохимической конверсии ОГФУ были проведены расчеты равновесных составов газообразных и твердофазных продуктов. Расчеты равновесных составов и основных термодинамических параметров проводились с использованием лицензионного программного пакета «TERRA» при давлении 0,1 МПа в диапазоне температур (1000–4000) К и изменяемой массовой доле воздушного плазменного теплоносителя.

Вывод об оптимальности режима проводился на основании стабильного формирования ЗОУ без значительного содержания переходных оксифторидов при рабочих температурах ~1500 К. В качестве целевого продукта выбрана ЗОУ. Дополнительными условиями оптимальности режима плазменной конверсии являлись максимальное связывание фтора в виде фтористого водорода при минимальном содержании воды.

Результаты. На рисунках 1-3 представлены газообразные фторсодержащие (а), газообразные урансодержащие (а) и конденсированные продукты (б) конверсии ОГФУ в составе оптимальной композиции при содержании пароводяного теплоносителя 10 % масс., 15 % масс. и 25 % масс. соответственно.

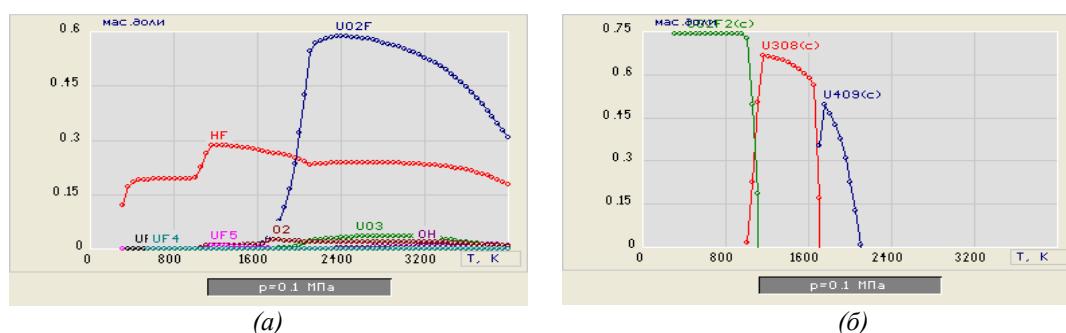


Рис.1. Газообразные (а) и конденсированные (б) продукты конверсии ОГФУ

При температурах 1150÷1700 К с максимальным выходом образуется целевой продукт – закись-окись урана $U_3O_8(c)$ в конденсированной фазе.

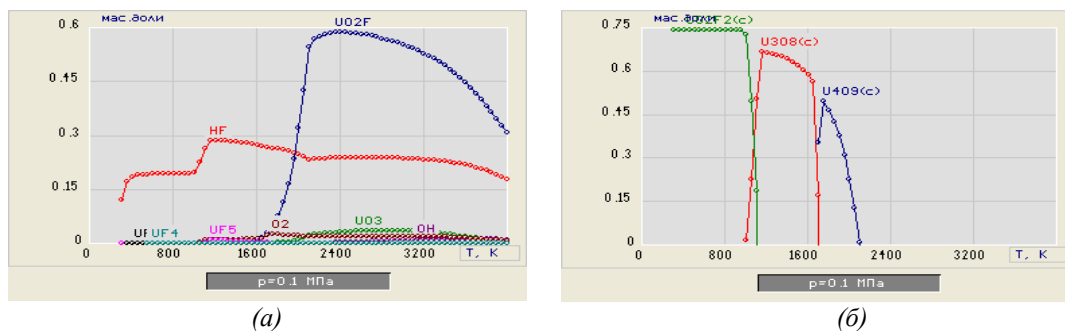


Рис.2. Газообразные (а) и конденсированные (б) продукты конверсии ОГФУ

При температурах 1000÷1700 К с максимальным выходом образуется целевой продукт – закись-окись урана $U_3O_8(c)$ в конденсированной фазе.

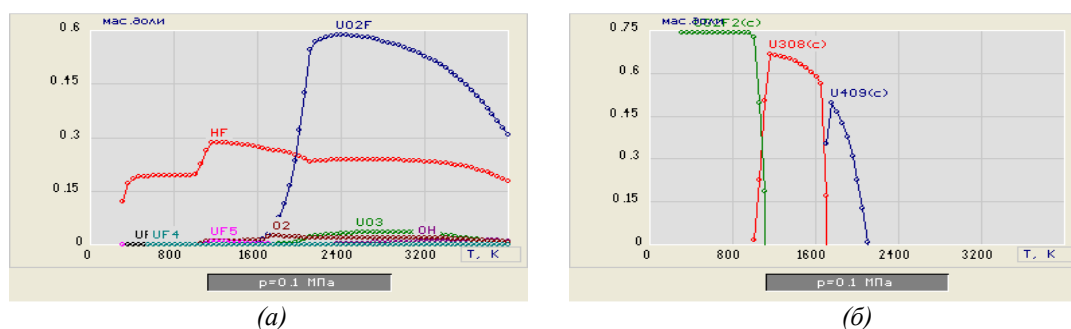


Рис.3. Газообразные (а) и конденсированные (б) продукты конверсии ОГФУ

При температурах 900÷1650 К с максимальным выходом образуется целевой продукт – закись-окись урана $U_3O_8(c)$ в конденсированной фазе.

Закключение. С учётом полученных результатов могут быть рекомендованы для практической реализации процесса плазменной конверсии ОГФУ следующие оптимальные режимы:

- состав пароводяной смеси (85 % ОГФУ : 15 % вода);
- интервал рабочих температур: (1000–1700) К;

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при разработке альтернативной отечественной энергоэффективной технологии конверсии отвального гексафторида урана до закиси-оксида урана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Туманов Ю.Н. Плазменные и высокочастотные процессы получения и обработки материалов в ядерном топливном цикле: настоящее и будущее. – М.: Физматлит, 2003. – 760 с.
2. Пат. FR. 2162058 C01G43/025. Способ и установка для непосредственного превращения гексафторида урана в оксид урана/ Фэгер Андре.
3. Бернадинер М.Н., Шурыгин А.П. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов. – М.: Химия, 1990. – 304 с.